

# Angle sensor having lateral magnetic field sensor element and axial magnetic field direction measuring element for determining angular position

Patent Number: US6064197  
 Publication date: 2000-05-16  
 Inventor(s): PETERSEN AUGUST (DE); LOCHMANN HANS-ULRICH (DE)  
 Applicant(s): PHILIPS CORP (US)  
 Requested Patent: JP11094512  
 Application Number: US19980103730 19980624  
 Priority Number(s): DE19971032238 19970726  
 IPC Classification: G01B7/30; G01D5/16; G01D5/18  
 EC Classification: G01B7/30; G01D5/14B1; G01D5/16B1  
 Equivalents: EP0893668

## Abstract

An angle sensor includes a lateral magnetic field sensor element (1) for producing a sensor signal (US) which is dependent on the angular position of a target object (6) which is rotatable about an axis of rotation (5). The lateral magnetic field (8) is produced by a magnet (4) which also produces an axial magnetic field (7). Magnetic field sensor elements have a linear characteristic only over an angular range of up to at most 180 DEG. According to the invention, however, in addition to the field sensor element (1) there is also provided a measuring element (2) which determines the direction of an axial magnetic field (7) also produced by magnet (4) and which traverses the measuring element (2). An evaluation circuit (9) is thereby enabled to determine the angular position of the target object (6) from the sensor signal (US) produced by the magnetic field sensor element (1) and the direction signal (UR) produced by the additional measuring element (2), which determination can be performed over an angular range exceeding 180 DEG.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

## Description

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1. Field of the Invention

The invention relates to an angle sensor having a magnetic field sensor element for measuring a sensor signal which is dependent on the angular position of a target object which is rotatable about an axis of rotation relative to the angle sensor and is provided with a magnet.

#### 2. Description of Related Art

An angle sensor of this kind is known from U.S. Pat. No. 5,602,471 assigned to the present Assignee. Therein, the magnetic field sensor element consists of two sensor units which measure in a contactless manner and are arranged with an angular offset relative to one another, each of said sensor units consisting of four magnetoresistive elements which are connected so as to form a measuring bridge. The known angle sensor has a linear characteristic (sensor signal in relation to angular position) in an angle measuring range which, however, amounts to no more than 180 DEG. The characteristic is constant outside the angle measuring range. Using appropriate electronic means, a periodic repetition of the characteristic is achieved (with a period of at the most 180 DEG) in similar known angle sensors. Unambiguous determination of the angular position in the case of angular positions exceeding 180 DEG, however, is not possible using the known angle sensors.

### SUMMARY OF THE INVENTION

Therefore, it is an object of the invention to construct an angle sensor of the kind set forth in such a manner that unambiguous angular position determination is possible over a larger angle measuring range.

This object is achieved according to the invention in that there are provided a measuring element for producing a direction signal which is dependent on the direction of the magnetic field traversing the measuring element, and an evaluation circuit for determining the angular position of the target object from the sensor signal and the direction signal.

The direction signal contains information concerning the direction of the magnetic field traversing the measuring element. Because the direction of magnetic field changes upon a 180 DEG rotation of the target object carrying the magnet, the assignment of a measured sensor signal to the appropriate angle measuring range can be based on the direction signal. Such assignment is performed by the evaluation circuit in which angular position is then determined on the basis of the sensor signal. The angle sensor according to the invention thus enables unambiguous determination of the angular position over a larger angle measuring range than in the known angle sensors. When ideal components are used, notably an ideal measuring element enabling determination of the direction of the magnetic field in any angular position and not having a transitional range in which unambiguous direction determination is not possible, the angular position can be determined over the entire angle measuring range of 360 DEG.

An embodiment of the invention has a high measuring sensitivity and a magnetic field sensor element with a linear characteristic over a given angle measuring range.

A further embodiment preferably utilizes a Hall element, notably a Hall element acting as a switch (Switch Hall Sensor) which provides the direction signal exclusively in the form of information whether the traversing magnetic field extends in a first direction, or in the opposite direction or whether the traversing magnetic field has an essential magnetic field component in a first direction or in the opposite direction. The use of such a Hall element is particularly attractive since the evaluation of the direction signal is then very simple.

In another embodiment the arrangement of the measuring element is particularly attractive since the direction of the magnetic field can then be determined in the simplest manner. A Hall element is a particularly suitable measuring element for use in such an embodiment.

Another embodiment notably has a space-saving and cost-saving effect. The measuring element and the evaluation circuit in particular are constructed as a common semiconductor component. The integration of the magnetic field sensor element in the common component would also be feasible, but it is preferably arranged on the axis of rotation of the measuring object whereas the measuring element and the evaluation circuit are preferably arranged adjacent the axis of rotation and hence at a distance from the magnetic field sensor element.

Another embodiment enables unambiguous determination of angular position throughout the angle measuring range of up to 360 DEG, even when the measuring elements are not ideal and have a transitional zone in which unambiguous determination of the direction of the magnetic field is not possible. Preferably, the measuring elements are arranged on different radial lines which start from the axis of rotation, so that always at least one measuring element enables unambiguous determination of the direction of the magnetic field. All measuring elements can also be arranged on the common semiconductor component, together with the evaluation circuit.

The invention also relates to a position sensor, notably a steering angle sensor for measuring the steering angle of the steering wheel in a vehicle, or a position sensor for measuring the angular position of the cam shaft or an associated auxiliary shaft in/on a vehicle engine in order to achieve (variable) valve control, using an angle sensor according to the invention, as well as to a vehicle in which such a position sensor is included. The angle sensor according to the invention can also be used for determining the angular position of the shaft of an electric motor, a turbine, a generator or a wind rose, so generally wherever angular positions of between 0 DEG and 360 DEG need be determined. If, for example, for the determination of the angular position of a steering wheel it is also necessary to determine the angular position in an even larger angular range, further means should be provided which determine and store, for example the number of revolutions.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The invention will be described in detail hereinafter with reference to the drawings. Therein:

FIG. 1 shows diagrammatically an angle sensor according to the invention for determining an angular position,

FIG. 2 is a plan view of the arrangement of the individual elements of the angle sensor,

FIG. 3 is a detailed representation of an MR sensor used as a magnetic field sensor element,

FIG. 4 shows various signals relating to the angle sensor according to the invention, and

FIG. 5 shows the arrangement of the individual elements in an angle sensor comprising two measuring elements.

## DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

FIG. 1 shows an angle sensor according to the invention which includes a magnetic field sensor element 1, a measuring element 2 and an evaluation circuit 9, said elements being arranged on a printed circuit board 3. The magnetic field sensor element 1 is arranged very close to a magnet 4 which is rigidly connected, via a shaft 14, to a target object 6, for example a steering wheel of a vehicle. The magnet 4, being constructed as a flat, round disc, is rotationally symmetrically arranged relative to the axis of rotation 5 around which the target object 6 can be rotated. The angle sensor is intended to determine the angular position  $\alpha$  of the target object 6 at any instant. To this end, the magnetic field sensor element 1, formed by a magnetoresistive sensor (MR sensor) in the present case, is arranged at a small axial distance from the magnet 4 and on the axis of rotation 5 in such a lateral manner that the magnetic field sensor element 1 is traversed by a magnetic flux 8 of the magnetic field generated by the magnet 4 essentially in the direction perpendicular to the axis of rotation 5. The magnetoresistive elements of the magnetic field sensor element 1 are sensitive to the lateral magnetic field extending in a direction perpendicular to the axis of rotation 5. The magnitude of the sensor signal  $U_s$  produced by the MR sensor 1 then varies as a function of the angle  $\alpha$ .

However, the magnetic field sensor element 1 alone is not capable of unambiguously determining the angular position  $\alpha$  from 0 DEG to 360 DEG, because the characteristic thereof is unambiguous only for a measuring range of 180 DEG. Therefore, according to the invention the measuring element 2, being a Hall element in this case, is arranged so as to be laterally offset adjacent the magnetic field sensor element 1, so that it is traversed by the magnetic flux 7, extending essentially parallel to the axis of rotation 5, of the magnetic field generated by the magnet 4. The measuring element 2 is arranged in such a manner that it is sensitive to a magnetic field extending in the axial direction and it supplies a direction signal UR which, in simplest case, contains only the information whether the magnetic flux 7 traversing it is directed away from the target object 6 (so downwards as shown in the Figure) or towards the target object 6 (upwards in the Figure, in another angular position  $\alpha$ , not shown, in which the south pole S of the magnet 4) neighbors the measuring element 2 instead of its north pole).

FIG. 2 shows the arrangement of the elements of the angle sensor in a plan view. For the sake of clarity, the direction of the lateral flux 8 traversing the magnetic field sensor element 1 is also indicated, the dashed lines representing the direction of this magnetic field for a different angular position  $\alpha$ . The direction of the axial magnetic flux 7 traversing the measuring element 2 is also indicated. The measuring element 2 and the evaluation circuit 9 are constructed as a common semiconductor component 10 so as to save space.

FIG. 3 shows a part of an embodiment of the MR sensor 1 used as the magnetic field sensor element. It includes two measuring bridges 11, 12, each of which consists of four magnetoresistive elements 13, the individual magnetoresistive elements 13 of a measuring bridge 11, 12 always being arranged at an angle of 90 DEG relative to one another. As is shown, the two measuring bridges 11, 12 are preferably arranged so as to be rotated 45 DEG relative to one another. The MR sensor 1 shown is sensitive to a magnetic field extending in the plane of the drawing, for example to a magnetic field 8, and is arranged in such a manner that the axis of rotation 5 (see FIG. 1) extends perpendicularly to the plane of the drawing and through the center of the MR sensor 1. Each of the two measuring bridges 11, 12 has a respective sine-shaped periodic characteristic. The characteristics are converted into a characteristic which is linear in an angle range of up to at the most 180 DEG by means of appropriate switching means (not shown). The elements 13 of the measuring bridge 11, 12 can also be nested into one another as shown in U.S. Pat. No. 5,602,471. Reference is made to the cited state of the art for a description of the operation of such an MR sensor.

FIG. 4 shows various signal waveforms in dependence on the angular position  $\alpha$ , so as to illustrate the operating principle of the angle sensor. The first line shows the variation of the magnetic flux B

traversing the Hall element 2. For  $\alpha = 90^\circ$ , the north pole of the magnet 4 is nearest to the Hall element 2 (this is the situation shown in FIG. 1) and the magnetic flux B exhibits a maximum.

The second line shows the variation of the direction signal UR of an ideal Hall element 2. The direction signal UR exhibits a voltage transient at the zero crossings of the magnetic flux B so that the direction signal UR contains the information concerning the direction of the magnetic field at the Hall element 2.

The direction signal UR of a real Hall element, however, varies as shown on the third line, this variation involves transitional zones 15 in an angular range around the zero crossings of the magnetic flux, unambiguous determination of the direction of the magnetic field at the Hall element 2 not being possible in such transitional zones. The width of such a transitional zone 15 varies as a function of the strength of the magnetic field of the magnet 4, of the distance between the Hall element 2 and the magnet 4, and of the type of Hall element 2. It may be that the voltage transient occurs by chance in an arbitrary angular position  $\alpha$  within the transitional zone 15, or that the measuring voltage continuously increases or decreases, so that no unambiguous variation of the direction signal UR can be determined in the transitional zone 15.

The fourth line shows the variation of the sensor signal US of an MR sensor 1. This characteristic is repeated with a period of  $\alpha = 180^\circ$ . It is desired to enable an angle measuring range of at least  $270^\circ$  to be covered by means of such an MR sensor element 1 and a single (real) Hall element 2. To do so Hall element 2, whose transitional zones 15 of the direction signal are situated in an angular range of the desired angle measuring range of  $270^\circ$  in which the characteristic (the sensor signal US) is unambiguous, so in the range between  $\alpha = 90^\circ$  and  $\alpha = 180^\circ$ . Thus, in this angle range the direction signal UR2 is not required; the direction signal UR2 is required only in the angle ranges between  $0^\circ$  and  $90^\circ$  (where the Hall element 2 does not supply a signal) and between  $180^\circ$  and  $270^\circ$  (where the Hall element 2 supplies a signal) in order to decide in which angle range a measured sensor signal US is situated. This is realized by means of the evaluation circuit which receives the measured sensor signal US and the direction signal UR2 :  
for  $UR2 = 0$  and  $US$  For  $UR2 \neq 0$  and  $US \geq 0$  it holds that (UR2 not required):  $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ .

In order to achieve the described situation of the transitional zones 15 as required for this embodiment, the Hall element 2 is arranged in a different position, that is to say on a radial line which starts from the axis of rotation 5 at  $\alpha = 45^\circ$  (in FIG. 1 the Hall element 2 is situated on a radial line at  $\alpha = 90^\circ$ ). Such an arrangement thus enables unambiguous angular position determination between  $0^\circ$  and  $270^\circ$ . In order to ensure that the target object cannot reach an angular position beyond that value, for example a mechanical stop may be provided.

If the angle measuring range is to be extended further, possibly to  $360^\circ$ , either a measuring element 2 having smaller transitional zones 15 must be used or an additional, second measuring element (for example, a second Hall element) is used. Such an arrangement is shown in FIG. 5. Two Hall elements 21, 22 are then accommodated, together with the evaluation circuit 9, on the semiconductor component 10, their radial position having been shifted through the angle  $\gamma$ , i.e. the first Hall element 21 is arranged on a first radial line 18 and the second Hall element 22 on a second radial line 19. The last two lines of FIG. 4 show the associated variations of the direction signals UR21 and UR22. Because the Hall elements 21, 22 are arranged on different radial lines 18, 19, their transitional zones 16, 17 will be situated so as to be offset by the angle  $\gamma$  relative to one another. The angle  $\gamma$  should be chosen so that the transitional zones 16 and 17 do not overlap in any zone of the angle  $\alpha$ . It is thus achieved that always at least one direction signal UR21, UR22 will have an unambiguous value and hence enables unambiguous determination of the characteristic range in which a measured sensor signal US is situated. For the signal variations shown, for example the direction signal UR21 for  $\alpha = 0^\circ$  to  $90^\circ$  and  $\alpha = 180^\circ$  to  $270^\circ$  is used for the decision, whereas for the remaining angle ranges the direction signal UR22, is used to determine the characteristic range. This is again performed in the evaluation circuit which receives said signals: for  $UR21 = 0$  and  $US$  For  $UR21 \neq 0$  and  $US \geq 0$  it holds that:  $270^\circ \leq \alpha < 360^\circ$ .  
For  $UR22 \neq 0$  and  $US > 0$  it holds that:  $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ .

Preferably,  $\gamma = 90^\circ$  is chosen, because in such an arrangement the distance between the transitional zones 16 and 17 is maximum. The Hall elements 21, 22, moreover, are preferably arranged so as to be offset  $45^\circ$  with respect to the position shown in FIG. 1 (for example, the Hall element 21 on a radial line at  $\alpha = 135^\circ$  and the Hall element 22 on a radial line at  $\alpha = 45^\circ$ ) and preferably are constructed so as to be identical.

Instead of a Hall element, use can be made of another measuring element capable of unambiguously determining the direction of a magnetic flux traversing the measuring element, for example a suitable measuring element with magnetoresistive elements. The measuring element may also be arranged in positions other than those shown in the Figures, in as far as it is also possible to determine the direction of the magnetic field at the relevant area.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

## Claims

What is claimed is:

1. An angle sensor comprising a magnet (4) for providing a magnetic field and a sensor element (1) responsive to a lateral component (8) of the magnetic field to produce a sensor signal (US) indicative of the angular position (.alpha.) of a target object (6) which is rotatable about an axis of rotation (5), the magnet being supported on and rotatable with the target object (6); characterized in that the angle sensor further comprises:
  - (i) a measuring element (2) which is arranged adjacent the axis of rotation and produces a direction signal (UR) indicative of the direction of an axial component (7) of the magnetic field which traverses the measuring element; and
  - (ii) an evaluation circuit (9) for determining said angular position (.alpha.) of the target object (6) based on the sensor signal (US) and the direction signal (UR).
2. An angle sensor as claimed in claim 1, wherein the magnetic field sensor element (1) is a magnetoresistive device (MR) which consists of a plurality of magnetoresistive elements (13) which are connected so as to form one or more measuring bridges (11, 12).
3. An angle sensor as claimed in claim 1, wherein the magnetic field sensor element (1) has two measuring bridges (11, 12) oriented at an angle of 45 DEG relative to one another.
4. An angle sensor as claimed in claim 1, wherein the measuring element (2) is a Hall effect device.
5. An angle sensor as claimed in claim 1, wherein the measuring element (2) and the evaluation circuit (9) constitute a single component (10).
6. An angle sensor as claimed in claim 1, further comprising at least one further measuring element (22) which is displaced from said axis and produces at least one further direction signal (UR22) indicative of the direction of said axial component (7) of the magnetic field traversing said further measuring element (22).
7. An angle sensor as claimed in claim 6, wherein the measuring elements (21, 22) are arranged on different radial lines (18, 19) which start from the axis of rotation (5) of the target object (6) and are offset 90 DEG relative to one another.
8. An angle sensor as claimed in claim 1, wherein the evaluation circuit (9) determines an angular range in which the measured sensor signal (US) is situated on the basis of the direction signal (UR), and subsequently determines the angular position (.alpha.) in said angular range on the basis of the sensor signal (US).

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-94512

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 7/30

識別記号

1 0 1

F I

G 0 1 B 7/30

1 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-207798

(22) 出願日 平成10年(1998) 7月23日

(31) 優先権主張番号 1 9 7 3 2 2 3 8 : 7

(32) 優先日 1997年 7月26日

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 590000248

コーニンクレッカ フィリップス エレク  
トロニクス エヌ ヴィKoninklijke Philips  
Electronics N. V.オランダ国 5621 ペーアー アイन्दー  
フェン フルーネヴァウツウェッハ 1

(72) 発明者 ハンス-ウルリッヒ ロヒマン

ドイツ連邦共和国 24558 ヘンシュテッ

ト-ウルツベルク キルシェンヴェーク

53ペー

(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

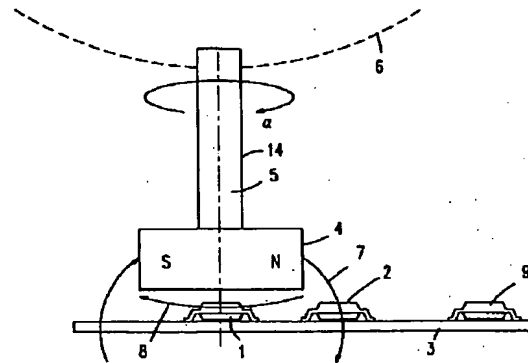
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角度センサー、位置センサー及び自動車

(57) 【要約】

【課題】 マグネット(4) を具え且つ回転軸(5) の回りに回転可能である測定対象(6) について、その角度位置( $\alpha$ ) に依存するセンサー信号( $U_s$ ) を測定するための磁場センサー素子(1) を含む角度センサーに関し、大きい角度位置を一義的に決定できるセンサーを提供する。

【解決手段】  $0^\circ$  乃至  $360^\circ$  の間で測定対象(6) の角度位置を一義的に決定することが必要になる場合がある。既知の磁場センサー素子(1) は  $180^\circ$  までの角度範囲しか線形特性を持たない。本発明によれば、磁場センサー素子(1) に加えて、測定素子(2) を横切る磁場(7) の方向を決定するための測定素子(2) を具える。適当な構成の評価回路(9) を用いて、磁場センサー素子(1) からのセンサー信号( $U_s$ ) 及び付加した測定素子(2) からの方向信号( $U_d$ ) から角度位置( $\alpha$ ) を決定する。この決定は  $180^\circ$  を超える角度でも行うことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マグネット(4)を具え且つ角度センサーに対して回転軸(5)の回りに回転可能である測定対象(6)について、その角度位置( $\alpha$ )に依存するセンサー信号( $U_s$ )を測定するための磁場センサー素子(1)を含む角度センサーにおいて、測定素子(2)を横切る磁場(7)の方向に依存する方向信号( $U_d$ )を決定するための測定素子(2)、並びに、センサー信号( $U_s$ )及び方向信号( $U_d$ )から角度位置( $\alpha$ )を決定するための評価回路(9)を具備することを特徴とする角度センサー。

【請求項2】 磁場センサー素子(1)が、特に、1又は複数の測定ブリッジ(11、12)を形成するように接続される複数の磁気抵抗素子(13)からなるMRセンサーであることを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項3】 磁場センサー素子(1)が、相互に45°回転したように配置された2個の測定ブリッジ(11、12)を有することを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項4】 測定素子(2)が、ホール素子又は少なくとも1個の磁気抵抗素子を含むMRセンサーであることを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項5】 測定素子(2)が、測定対象(6)の回転軸(5)に平行な磁場(7)が実質的に横切るように配置され、且つ、特に回転軸(5)に近接して配置されることを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項6】 測定素子(2)及び評価回路(9)が、共用部品(10)を構成することを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項7】 少なくとも1個の他の測定素子(22)を具え、これが、測定素子(22)を横切る磁場(7)の方向に依存する少なくとも1個の他の方向信号( $U_{d,2}$ )を決定することを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項8】 測定素子(21、22)が、測定対象(6)の回転軸(5)から始まる異なった半径線(18、19)上に、特に相互に90°離れて配置されることを特徴とする請求項5に記載の角度センサー。

【請求項9】 評価回路(9)が、測定されたセンサー信号( $U_s$ )の位置する角度測定範囲を方向信号( $U_d$ )に基づいて決定するように構成され、且つ、引き続いてこの角度測定範囲中の角度位置( $\alpha$ )をセンサー信号( $U_s$ )に基づいて決定するように構成されることを特徴とする請求項1に記載の角度センサー。

【請求項10】 請求項1に記載の角度センサーを具え、特に、自動車のステアリングの角度を検知し、又は、自動車のエンジンのカムシャフトの位置を検知する位置センサー。

【請求項11】 請求項10に記載の位置センサーを含む自動車。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マグネットを具え且つ角度センサーに対して回転軸の回りに回転可能である測定対象について、その角度位置に依存するセンサー信号を測定するための磁場センサー素子を含む角度センサーに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】この種の角度センサーは米国特許第5,602,471号から既知である。それにおいては、磁場センサー素子は、相互に離れた角度で配置されて非接触状態で測定する2個のセンサーユニットからなっており、これらセンサーユニットの各々は、測定ブリッジを形成するように接続された4個の磁気抵抗素子からなっている。既知の角度センサーは、角度測定範囲において線形特性を有する(センサー信号が角度位置に依存する)が、しかしながら、この範囲は180°以下である。この特性値は、角度測定範囲外においては一定である。同様の既知の角度センサーにおいては、適当な電子的手段を用いて特性の(180°以下の周期の)周期的な繰り返しが行われる。しかしながら、既知の角度センサーを用いる限りにおいては、180°を超える角度位置の場合に、その角度位置を一義的に決定することは不可能である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、大きい角度測定範囲において一義的に角度位置を決定することができるような上述の種類の角度センサーを得ることにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】この目的は、測定素子を横切る磁場の方向に依存する方向信号を決定するための測定素子、並びに、センサー信号及び方向信号から角度位置を決定するための評価回路を具備する本発明の角度センサーによって達成される。

【0005】方向信号は、測定素子を横切る磁場の方向に関する情報を含む。マグネットを具えた測定対象の回転によって磁場の方向は180°以上変化するので、方向信号に基づいて、測定されたセンサーの信号を適切な角度測定範囲に帰属させる。このような帰属は評価回路で行われる。そこでは、続いてセンサー信号に基づいて角度位置が決定される。このように、本発明の角度センサーによれば、既知の角度センサーにおけるより大きい角度測定範囲の中での角度位置を一義的に決定することができる。理想的な部品、特にどのような角度位置においても磁場の方向の決定を可能にし、且つ、一義的な方向の決定が不可能な遷移範囲を持たない理想的な測定素子を用いる場合には、360°の全角度測定範囲で角度位置を決定することができる。

【0006】請求項2に開示されたような本発明の実施例は高い測定感度を持ち、磁場センサー素子は所定の角度測定範囲において線形特性を有する。

【0007】請求項4に開示された実施例は、望ましくはホール素子、特に、横切る磁場が第1の方向か又は反対の方向かを示す情報か、又は、横切る磁場が実質的な磁場成分を持っているのは第1の方向か又は反対の方向かを示す情報か、いずれかの情報の形の方向信号を供給するスイッチとして動作するホール素子（スイッチホールセンサー）を用いるものである。このようなホール素子を用いることは特に魅力的であり、方向信号の評価は極めて簡単である。

【0008】請求項5に開示された実施例におけるような測定素子の配置は、磁場の方向を極めて簡単な方法で決定することができることから、特に魅力的である。ホール素子は、特にこのような実施例のための測定素子として適している。

【0009】請求項6に開示された実施例は、特にスペースの節約及びコストの節約の効果を有する。測定素子及び評価回路は特に共用半導体部品として構成される。共用部品における磁場センサー素子の集積化も同様に容易である。しかし、それは、測定対象の回転軸上に配置されることが望ましい。一方、測定素子及び評価回路は、回転軸に近接して、従って、磁場センサー素子からは離れて、配置されることが望ましい。

【0010】請求項7に開示された実施例は、測定素子が理想的ではなく、磁場の方向の一義的な決定が不可能な遷移範囲を持つ場合であっても、 $360^\circ$ までの角度測定範囲を通して角度位置を一義的に決定することを可能にする。請求項8により、測定素子を測定対象の回転軸から始まる異なった半径線上に配置し、これにより常に少なくとも1個の測定素子が一義的な決定を行い得るようにすることが望ましい。全ての測定素子を、同様に、評価回路と共に共用半導体部品上に配置することができる。

【0011】本発明は、更に、本発明による角度センサーを用いる位置センサー、特に、自動車におけるステアリングホイールのステアリングの角度を測定するためのステアリング角度センサー、又は、自動車のエンジン中又は上のカムシャフト又はそれに対応する補助シャフトの角度位置を測定して（可変）バルブ制御を行うための位置センサー、並びに、そのような位置センサーを含む自動車に関する。本発明による角度センサーは、更に、電気モーター、タービン、発電機又は風車のシャフトの角度位置を決定するために、更に一般的には、 $0^\circ$ と $360^\circ$ との間の角度位置を決定する必要がある場合に、どのような場合においても用いることができる。例えば、ステアリングホイールの角度位置を決定するために、かなり大きな角度範囲での角度位置を決定する必要がある場合は、例えば回転数を決定し記憶する他の手段を用いるべきである。

【0012】

【発明の実施の形態】次に図面を用いて本発明の実施例

を説明する。

【0013】図1は本発明による角度センサーを示す図であり、磁場センサー素子1、測定素子2及び評価回路9が含まれ、それらの素子がプリント回路板3上に配置されている。磁場センサー素子1は、シャフト14を介して、例えば自動車のステアリングホイールのような測定対象6に固着されているマグネット4の極めて近くに配置される。マグネット4は平たい円板のように構成され且つ回転軸5に回転対称に配置されており、測定対象6が回転軸5の回りに回転できるようにになっている。この角度センサーは、測定対象6の角度位置 $\alpha$ をいずれの瞬間においても決定するためのものである。このため、磁場センサー素子1は、ここでは磁気抵抗センサー（MRセンサー）から構成され、マグネット4から小さい距離で回転軸5の軸上の位置に、マグネット4によって発生される磁場の磁束8が磁場センサー素子1を横切るように、実質的に回転軸5に直交する方向に配置される。磁場センサー素子1の磁気抵抗素子は、回転軸5に直交する方向の磁場に感応性を持っており、従って、MRセンサー1によって測定されたセンサー信号U、の大きさは角度 $\alpha$ の関数として変化する。

【0014】しかしながら、磁場センサー素子1は、その特性により $180^\circ$ の測定範囲のみを一義的に決定できるに過ぎないので、それ単独では $0^\circ$ から $360^\circ$ までの角度位置 $\alpha$ を一義的に決定することはできない。従って、本発明によれば、ここではホール素子である測定素子2が、磁場センサー素子1に近接して横方向に離れた位置に配置され、これにより、マグネット4により発生された磁場の、回転軸5に実質的に平行な磁束7がそれを横切るようになっている。測定素子2はこの方向の磁場に感応性を有するように配置され、方向信号U<sub>2</sub>を供給する。この方向信号U<sub>2</sub>は、最も簡単な場合、磁束7が測定対象6と逆方向（図では下方向）に向いているか又は測定対象6の方向（図では上方向、マグネット4のS極がN極に代わって測定素子2の近傍にある、図示していない他の角度位置 $\alpha$ ）に向いているかの情報のみを含む。

【0015】図2は角度センサーの素子の配置を示す平面図である。明瞭にするため、磁場センサー素子1を横切る磁束8の方向も図示されており、破線はこの磁場が別の角度位置 $\alpha$ の方向にある場合を示す。測定素子2を横切る磁束7の方向も図示されている。測定素子2及び評価回路9は、スペースを節約するために共用半導体部品10として構成される。

【0016】図3は磁場センサー素子として用いられるMRセンサー1の実施例の一部分を示す図であり、2個の測定ブリッジ11、12を含む。2個の測定ブリッジ11、12の各々は、4個の磁気抵抗素子13を含む。測定ブリッジ11、12のそれぞれの磁気抵抗素子13は、常に相互に $90^\circ$ の角度を持つように配置される。図示されているよ



うに、2個の測定ブリッジ11、12は、相互に45°回転した位置に配置されることが望ましい。図示されたMRセンサー1は、図の面の磁場、例えば磁場8に対して感応性を有し、回転軸5（図1参照）が図の面に直交しMRセンサー1の中心を通るように配置される。2個の測定ブリッジ11、12の各々は、それぞれ正弦波周期特性を有する。この特性は、適当なスイッチング手段（図示されていない）によって、最大180°までの角度範囲で線形の特性に変換される。測定ブリッジ11、12の素子13は、米国特許第5,602,471号に示されているように、相互に重ね合わせてもよい。この引用文献は、上述のようなMRセンサーの動作の説明のための技術の現状を示している。

【0017】図4は角度センサーの動作原理を説明するための図であり、角度位置 $\alpha$ に依存する種々の信号波形を示している。第1の線はホール素子2を横切る磁束Bの変化を示す。 $\alpha=90^\circ$ の場合、マグネット4のN極がホール素子2に最も近づき（この状態が図1に図示されている）、磁束Bが最大値を示す。

【0018】第2の線は理想的なホール素子2の方向信号 $U_{x1}$ の変化を示す。方向信号 $U_{x1}$ は、磁束Bが横軸を横切る時に電圧遷移を示すため、ホール素子2上の磁場の方向に関する情報を含むことになる。

【0019】しかしながら、実際のホール素子の方向信号 $U_{x1}$ は第3の線に示すように変化する。この変化は磁束が横軸を横切る点の付近の角度範囲に遷移部分15を含み、この遷移部分では、ホール素子2上の磁場の方向の一義的な決定を不可能にしている。このような遷移部分15の幅は、マグネット4の磁場の強さ、ホール素子2とマグネット4との距離、及びホール素子2の形の関数として変化する。電圧遷移は遷移部分15中の任意の角度位置 $\alpha$ で偶然に起きること、又は、遷移部分15中は測定電圧が連続的に増加又は減少して方向信号 $U_{x1}$ の一義的な決定できないこと等の可能性がある。

【0020】第4の線はMRセンサー1のセンサー信号 $U_s$ の変化を示す。この特性は、 $\alpha=180^\circ$ の周期で繰り返される。このようなMR素子1及び1個の（実際の）ホール素子2により、少なくとも270°の角度測定範囲がカバーされるようにするため、遷移部分15が $\leq 90^\circ$ であるホール素子2を、方向信号の遷移部分15が所要の270°の角度測定範囲の角度範囲中に位置するように配置する。この角度範囲では特性（センサー信号 $U_s$ ）は一義的であり、従って $\alpha=90^\circ$ と $\alpha=180^\circ$ との間の範囲において一義的である。従って、この角度範囲においては、方向信号 $U_{x1}$ は不要である。測定されたセンサー信号 $U_s$ が位置する角度範囲を決定するために、 $\alpha=0^\circ$ と $\alpha=90^\circ$ との間の角度範囲（この範囲ではホール素子2が信号を供給する）においてのみ、方向信号 $U_{x1}$ が必要である。これは、測定されたセンサー信号 $U_s$ 及び方向信号 $U_{x1}$ を受信する評価回路によ

て実現される： $U_{x1}=0$ 及び $U_s < U_{s0}$ の場合、 $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ である。 $U_{x1} \neq 0$ 及び $U_s < U_{s0}$ の場合、 $180^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$ である。 $U_s > U_{s0}$ の場合、（ $U_{x1}$ は不要であり） $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ である。

【0021】この実施例について必要とされる遷移部分15の上述の状態を達成するために、ホール素子2は、種々の位置、即ち、 $\alpha=45^\circ$ で回転軸5から始まる半径線上の種々の位置に配置される（図1ではホール素子2が $\alpha=90^\circ$ で半径線上に位置している）。従って、このような配置により、 $0^\circ$ と $270^\circ$ との間で一義的に角度位置を決定することができるようになる。測定対象がこの値以外の角度位置に達することがないようにするためには、例えば機械的なストッパーを付ければよい。

【0022】角度測定範囲を例えば360°に更に拡大する場合は、より小さい遷移部分15を持つ測定素子2を使用するか、又はこれに加えて、第2の測定素子（例えば第2ホール素子）を使用する。このような配置が図5に図示されている。この図では、半導体部品10上に、2個のホール素子21、22が評価回路9と共に収容されている。それらの半径位置は角度 $\gamma$ だけ離れている。即ち、第1ホール素子21は第1の半径線18上に配置され、第2ホール素子22は第2の半径線19上に配置されている。

【0023】図4の最後の2本の線は、方向信号 $U_{x1}$ 及び $U_{x2}$ の対応する変化を示す。ホール素子21、22は異なる半径線18、19上に配置されているので、それらの遷移部分16、17は相互に角度 $\gamma$ だけずれるように位置する。角度 $\gamma$ は、角度 $\alpha$ のいずれの部分においても遷移部分16及び17が重ならないように、選択されなければならない。これにより、常に少なくとも1個の方向信号

$U_{x1}$ 、 $U_{x2}$ が一義的な値を持つようになり、従って測定されたセンサー信号 $U_s$ が位置する特性範囲の一義的な決定が可能になる。図示された信号変化については、例えば、 $\alpha=0^\circ \sim 90^\circ$ 及び $\alpha=180^\circ \sim 270^\circ$ について、方向信号 $U_{x1}$ が決定のために使用され、他方、他の角度範囲について、方向信号 $U_{x2}$ が特性範囲を決定するために使用される。これは、上述の場合と同様に、前記信号を受信する評価回路で遂行される： $U_{x1}=0$ 及び $U_s < U_{s0}$ の場合、 $180^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$ である。 $U_{x1} \neq 0$ 及び $U_s < U_{s0}$ の場合、 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ である。 $U_{x2}=0$ 及び $U_s > U_{s0}$ の場合、 $270^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ である。 $U_{x2} \neq 0$ 及び $U_s > U_{s0}$ の場合、 $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ である。

【0024】遷移部分16と17との距離が最大になる配置として、 $\gamma=90^\circ$ に選択することが望ましい。更に、ホール素子21、22は、図1に図示された位置に対して45°ずれた位置（例えば、ホール素子21を $\alpha=135^\circ$ の半径線上に、ホール素子22を $\alpha=45^\circ$ の半径線上に）に配置し、同一に構成することが望ましい。

【0025】ホール素子に代えて、測定素子を横切る磁束の方向を一義的に決定することができる他の測定素

子、例えば、磁気抵抗素子を用いることができる。測定素子は、更に、対応する領域で磁場の方向を決定することができる限りにおいて、前述の図に図示されているものと異なる位置に配置することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による角度位置を決定するための角度センサーを示す図である。

【図2】角度センサーの個々の素子の配置を示す平面図である。

【図3】磁場センサー素子として用いられるMRセンサーの細部を示す図である。

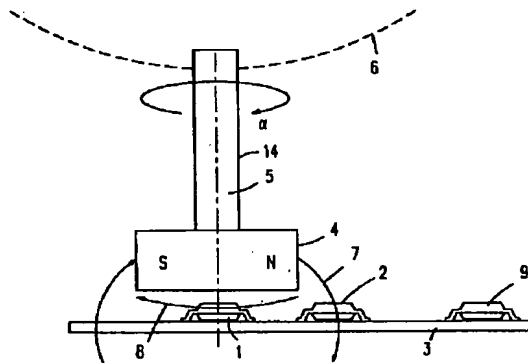
【図4】本発明による角度センサーに関する種々の信号を示す図である。

【図5】2個の測定素子を用いる角度センサーの個々の素子の配置を示す図である。

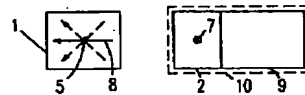
\*【符号の説明】

- 1 磁場センサー素子
- 2 測定素子
- 3 プリント回路板
- 4 マグネット
- 5 回転軸
- 6 測定対象
- 7、8 磁束
- 9 評価回路
- 10 共用半導体部品
- 11、12 測定ブリッジ
- 13 磁気抵抗素子
- 14 シャフト
- 15、16、17 遷移部分
- 18、19 半径線
- 21、22 ホール素子

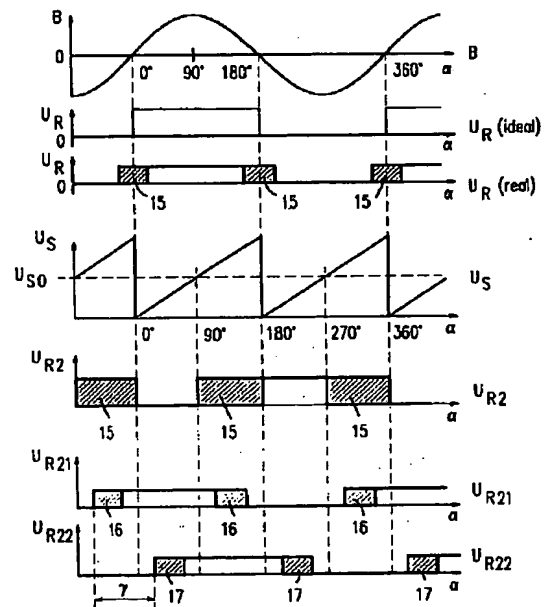
【図1】



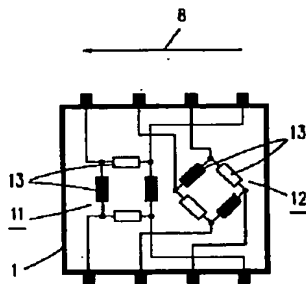
【図2】



【図4】



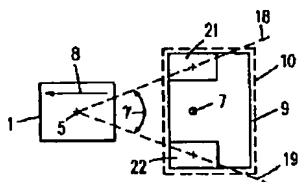
【図3】



(6)

特開平11-94512

【図5】



フロントページの続き

(71)出願人 590000248  
Groenewoudseweg 1,  
5621 BA Eindhoven, Th  
e Netherlands

(72)発明者 アウグスト ベテルセン  
ドイツ連邦共和国 24558 ヘンシュテッ  
ト-ウルツベルク マイゼンヴェーク 2